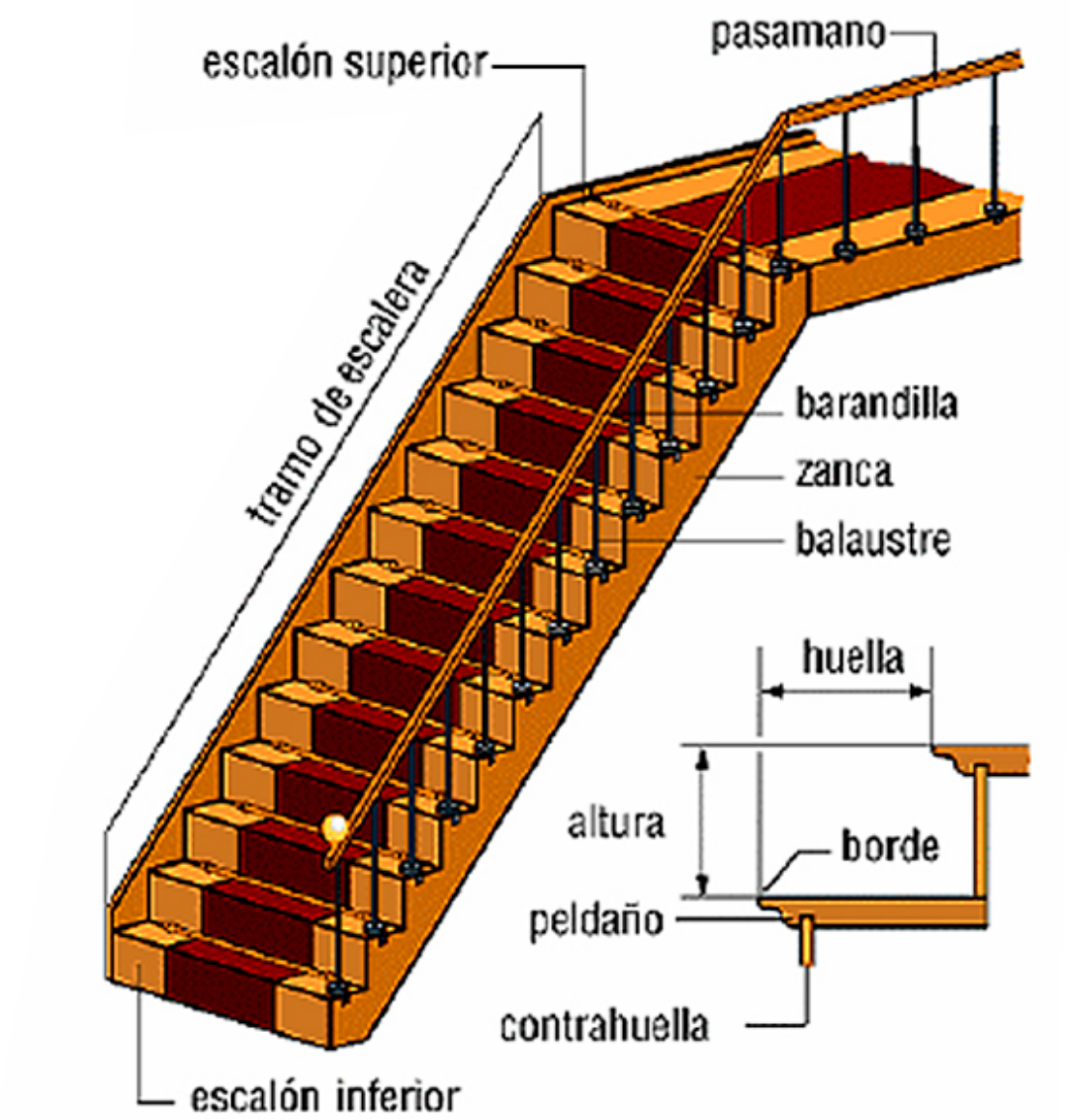
CALCULO Y TRAZADO DE ESCALERAS



I.E.S. SANTA LUCÍA
Juan José Suárez

MAS RECURSOS EN:

Material compartido con fines educativos
El libro pertenece a sus respectivos autores.

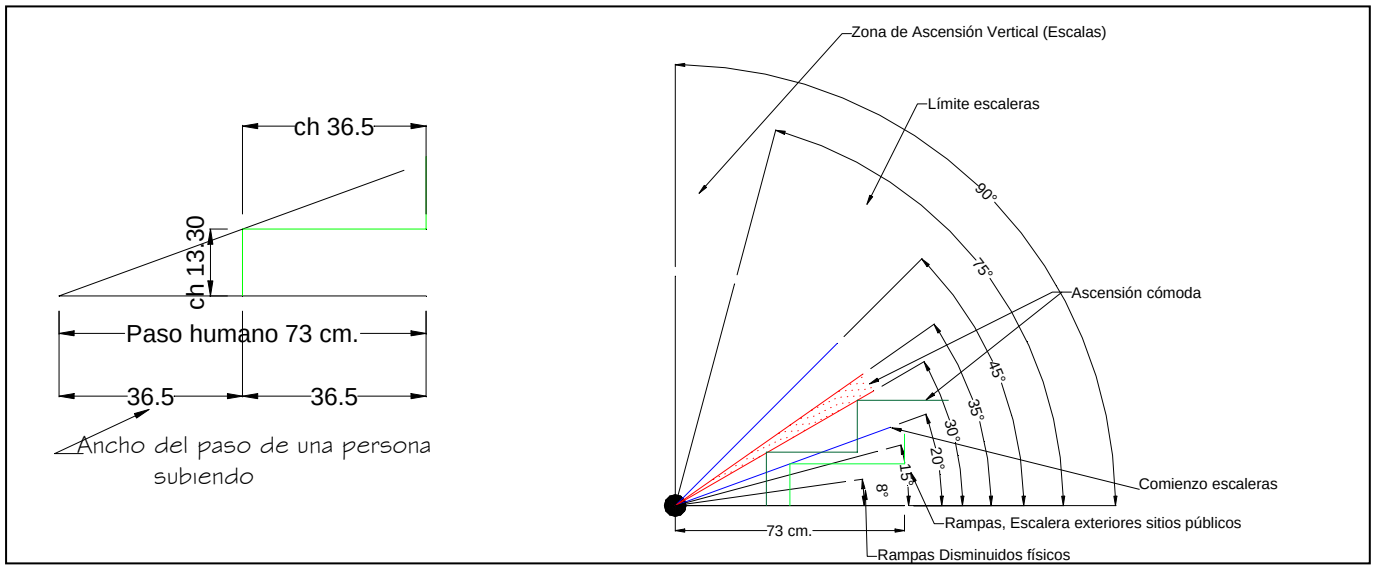
CÁLCULO Y TRAZADO DE ESCALERAS

Las superficies con pendiente o rampas, pueden ser transitadas con cierta facilitas hasta una inclinación aproximada de unos 15º, sobrepasando esta inclinación habría que intercalar escalones, sobre todo en plazas o jardines. Por otro lado, tratando de romper con las llamadas barreras arquitectónicas y cumpliendo con las normas para atención a los minusválidos o personas de movilidad reducida, las rampas de accesos a lugares públicos o edificios deben ser del 8%, si la longitud del tramo no supera los 10 m se admite hasta un 10% de pendiente y 12 % de inclinación como máximo si el tramo no supera los 3 m

Sobrepasando los 20ºy hasta los 75º, no encontramos las escaleras como tradicionalmente las conocemos, y entre los 75º y los 90º se hallan las escalas.

No obstante, podemos considerar que la inclinación más adecuada para las escaleras de edificios debe encontrarse entre los 30º y los 37º.

El paso humano normal mide entre 70 y 75 cm., Sin embargo, cuando asciende este se acorta considerablemente. Podemos considerar que para que una escalera sea cómoda el esfuerzo de quien la sube debe ser mínimo, consideramos un esfuerzo el echo de articular excesivamente la rodilla y elevar un pie del suelo para apoyarlo en un peldaño. La altura del paso medio de una persona cuando asciende por una escalera es de unos 36,5 cm. ; de lo cual se deduce que la longitud del paso natural es dos veces mayor que la longitud del paso dado en vertical



Podemos considerar en cada peldaño dos partes muy importante
La parte donde apoyamos el pie de se denomina ***HUELLA,*** es por tanto, la distancia horizontal del peldaño. El echo de tener una huella muy pequeña, que dificulta el apoyo de la planta de pie adecuadamente, lo que hace que escalera

sea peligrosa. Se simboliza con la letra ***h***

- Por ello la huella debe encontrase por encima de los 27 cm

La altura de un peldaño se conoce como ***CONTRAHUELLA***, y atendiendo a lo anterior, se ha establecido lo siguiente:

- La altura que debe tener un escalón (contrahuella) deberá encontrase entre los 15 y los 18 cm, en ningún caso deberá superar los 18,5 cm. , considerándose incómoda y peligrosa si supera esta medida.

- El cuerpo y su mecanismo de equilibrio hace que el echo de ascender por una escalera sea un acto automático, por lo que cada pie se eleva lo suficiente para subir por la escalera. Esto indica que si un escalón modifica su tamaño en altura dentro de un mismo tramo de escalera, el resultado puede ser un tropiezo, lo que también equivaldría a una caída. Por ello, *TODO LOS PELDAÑOS DE UN MISMO TRAMO DE ESCALERA DEBEN MEDIR LO MISMO.*

Por otro lado, se denomina **TRAMO** a la parte de la escalera que contiene los escalones entre dos mesetas o descansillos.

MODULO DE ASCENSIÓN IDEAL.

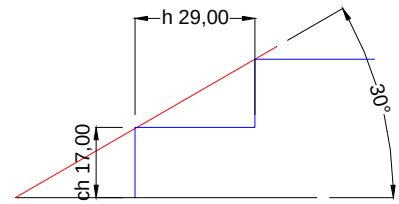
Basándose en el estudio el paso medio humano el matemático y arquitecto francés François Blondel en el siglo XVII planteó una fórmula por la que se obtiene una mayor comodidad en la ascensión de tramos, relacionando entre sí las medidas de las contrahuellas y las huellas. La regla más conocida para el cálculo de escaleras es la denominada regla de la medida del paso también conocida como teoría de Rondelet y consiste en:

2 contrahuellas + 1 huella = 60-65 aproximándose a 63

Podemos considerar una relación idónea la siguiente:

Contrahuella ch=17 cm.
Huella h=29 cm.

2x17 + 29 = 63 cm.



Módulo de ascensión cómoda

En construcción es como común encontrarse con:

h = 30 cm.
ch = 17,5 cm.

Incluso industrias que se dedican a la construcción de materiales de revestimiento para escaleras dispone de peldaños prefabricados con esas medidas.

Consideraciones técnicas que deben cumplir las escaleras.

Además de la relación entre la huella y la contrahuella, las escaleras deben cumplir algunos requisitos para que al mismo tiempo de cómodas sean seguras.

En los tramos:

El ancho de los tramos debe de ser constante a lo largo de toda la escalera, incluso en las mesetas, no estando permitidos estrangulamientos o cambios bruscos de dirección, mesetas en ángulos, partidas y compensaciones, salvo en escaleras de viviendas unifamiliares. En cuanto a los desembarcos con las puertas de acceso a las viviendas tendrán un ancho mínimo de ***1,20 m***

Los tramos como hemos mencionados deben de ser iguales en cuanto al ancho y al número de peldaños que contiene, en caso de desigualdad, los tramos menores deben de situarse al inicio o al final de la escalera.

En los tramos paralelos debe cumplirse que la altura entre ambos, es decir entre la huella y la parte inferior de la rampa o zancada no debe ser inferior a ***2 m*** (2,10 m es lo ideal) y se denomina ***altura de paso (o cabezada).***

En cuanto al ancho mínimo de los tramos o longitud del peldaño, el Decreto 47/1991 de 25 de marzo (CONDICIONES DE HABITABILIDAD DE LAS VIVIENDAS) regula en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Canarias lo siguiente:

.Viviendas unifamiliares 0,85 m
.En el resto de edificios 100 m

Barandillas o pasamanos:

La altura mínima de la barandilla o pasamanos deberá ser igual o mayor de ***0,95 m***, medidos en la vertical de la arista exterior de la huella.

Ventilación e iluminación:

Debe de cumplirse un mínimo de ventilación e iluminación, procurándose que esta sea desde el exterior. Dependiendo de la zona las normas urbanísticas regulan estas condiciones. En general se permite la ventilación e iluminación cenital por medio de claraboyas o lucernarios cuya superficie en planta sea como mínimo de 2/3 de la superficie de la caja de escaleras y una superficie de ventilación mínima de 1,00 m2.

Otros elementos que componen la escalera

.

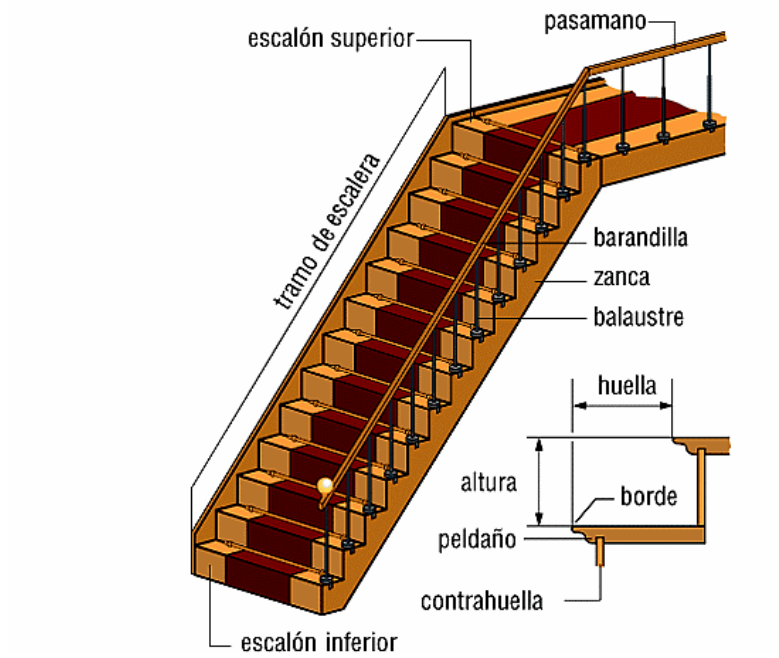
Mesetas o descansillo (rellano): Parte horizontal o descansillo, desprovista de peldaños, que divide la escalera en tramos.

Zanca: Rampa inclinada sobre la que se construye los escalones, generalmente es una loza de hormigón armado cuyo espesor viene determinado por la longitud del tramo.
Ojo de la escalera: Hueco que queda entre dos tramos.

Línea de huella: se denomina así la línea trazada sobre la proyección horizontal de una escalera, que indica la dirección de ascensión de una persona apoyándose en el pasamanos, por ello se coloca a una distancia aproximadamente. de 51 cm del mismo.

Caja de Escalera: Espacio vacío cerrado por muros o paredes que contiene la escalera.

Arranque y Desembarco: Zona de inicio y llegada de la escalera. En cada tramo el último peldaño coincide con la meseta o desembarco, por lo que no encontraremos siempre una huella menos que contrahuellas.



Podemos encontrar 3 tipos de escaleras:

- Escaleras Rectas
- Hélice o caracol
- Curvas
- Mixtas (compuestas por tramos curvos y rectos).

ESCALERAS RECTAS:

Podemos considerar como escalera recta, aquella cuyos tramos son también rectos. Es la tipología mas empleada, pero por otra parte, si la pendiente de los tramos es muy inclinada, resulta la además peligrosa e incómoda. Por esta razón se divide su longitud en tramos cortos con descansillos en medio.

Los materiales empleados en su¡ construcción son muy variados:

- Piedras
- Madera
- Hormigón armado
- Estructuras metálica

PROCESO DEL CÁLCULO

Para realizar el cálculo de escaleras RECTAS, debemos tener en cuenta las siguientes consideraciones:

1º.-.La altura a salvar:

Se considera a efectos del cálculo la altura entre plantas:

Altura libre (del piso a la parte inferior del forjado) +

Canto del forjado.

En los accesos a las cubiertas planas debemos añadir 5 cm. De altura para evitar que el agua de lluvia, basuras, etc. penetre en la caja de escalera.

2º.- A efectos del cálculo se considera la escalera totalmente terminada y vestida, es decir, desde el piso de la planta inferior al piso de la plata superior.

El proceso que se sigue es el siguiente:

Para calcular el número de escalones o peldaños:

Se divide la altura a salvar entre la contrahuella máxima es decir 18 cm.

Altura a salvar: Ch. máxima (18 cm) = nº peldaños.

Redondear el resultado al alza

Para establecer el alto de la contrahuella:

Se divide nuevamente la altura a salvar por el nº de peldaños obtenido

Altura a salvar: nº de peldaños = CH.

Para calcular la huella:

Para ello empleamos la formula de la ascensión ideal

H= 63 - 2 CH (conocida)

En cada tramo de la escalera hay que restar una huella al número de contrahuellas, pues la última coincide con la meseta o desembarco de la escalera.

En ocasiones el resultado del cálculo por este procedimiento, no es el adecuado a las condiciones que disponemos. Lo que obtenemos por este procedimiento es una aproximación por ello debemos realizar otro intento variando las condiciones del cálculo para que el resultado sea más óptimo

Ejemplos:

Ejemplo 1:

Altura a salvar = 2,80 m.

Altura libre: 2,50 m.
Canto de forjado: 0,30 m.

Escalones:

280 cm: 18 cm (CH tipo)= 15,5555 aprox. 16 escalones.

Contrahuella (CH) 280 cm : 16 escalones = 17,5 cm

Huella adecuada 2 x 17,5 + h = 63

H= 63-(2 x 17,5) = 28 cm

Escalera: 16 escalones
Contrahuellas de 17,5 cm.
Huellas de 28 cm.
Tramos: 2 tramos de 8 escalones

Ancho: 1 m.

Longitud de la caja escalera:

Cada tramo tiene 8 peldaños pero uno coincide con la meseta luego no tiene huella
7 huellas por tramo x 28 cm de huella = 196 cm.
Mesetas (arranque y desembarco) + 200 cm.

Total 3,96 m.

Ejemplo 2

Altura a salvar = 3,10 m.

Altura libre: 2,80 m.
Canto de forjado: 0,30 m.

Escalones:

310 cm: 18 cm (CH tipo)= 17,2222 aprox. 17 escalones.

1º Intento

Contrahuella (CH) 310 cm: 17 escalones = 18,23 cm

Como podemos comprobar la CH sobrepasa 18cm. pero no llega a 18,5 cm., podría ser admisible pero es mejor realizar un segundo intento, añadiendo un escalón más, con lo que se consigue igualar los tramos en nº de peldaños y rebajar el alto de la Contrahuella.

2º Intento

Contrahuella (CH) 310 cm : 18 escalones = 17,2 cm

Huella adecuada 2 x 17,2 + h = 63

H= 63-(2 x 17,2) = 28,6 cm

Escalera: 18 escalones
Contrahuellas de 17,2 cm.
Huellas de 29 cm.
Tramos: 2 tramos de 9 escalones

Ancho: 1 m.

Longitud de la caja escalera:

8 huellas por tramo (*) x 29 cm de huella = 232 cm.
Mesetas (arranque y desembarco) + 200 cm.

Total 4,32 m.

Ejemplo 3

Edificio de 2 planta compuesto por local y vivienda

Altura a salvar = 4,80 m. Local comercial.
Altura libre: 4,50 m.
Canto de forjado: 0,30 m.

Altura a salvar = 3,10 m. Acceso a la vivienda.
Altura libre: 2,80 m.
Canto de forjado: 0,30 m.
Acceso a la azotea 0.05 m

En este ejemplo debemos tomar la escalera del edificio no en su conjunto sino por las alturas a salvar, tratando de igualar no obstante ambos tramos.

Para el Local:

Escalones:
480 cm : 18 cm (CH tipo)= 26,6666 aprox. 27 escalones.

Huella adecuada 2 x 17,77 + h = 63
H= 63-(2 x 17,77) = 27,46 cm

Para el acceso a la vivienda:

Nº de peldaños:
Altura libre 2,80 + forjado 0,30 + acceso azotea 0,05 =3,15 m

3,15 : 18 = 17.5 escalones - redondeo 18 escalones

Contrahuella:

3.15 : 18 escalones = 17,5 cm.

.

Para tratar de igualar ambas huellas (local y la vivienda) con la finalidad de que todos los tramos tengan el mismo ancho, aunque ligeramente diferente una parte de otra de la escalera (5 mm), se debería aumentar la huella a 29 cm. Pasaría ligeramente de 63 pero está dentro de lo admisible

Local: 2 x 17,77 + 29 = 64,54 cm.

Vvda: 2 x 17,2 + 29 = 63,4 cm.

Escalera:
Local: 27 escalones
Contrahuellas de 17,77 cm.
Huellas de 29 cm.

Vivienda: 18 escalones
18 Contrahuellas de 17,2 cm
17 huellas de 29 cm.
Tramos:
3 tramos de 9 escalones
2 tramos de 9 escalones

Ancho: 1 m.

Longitud de la caja escalera:

7 huellas por tramo x 29 cm de huella = 2,03 cm.
Mesetas (arranque y desembarco) + 220 cm. (Desembarco acceso a la vivienda 1,20 m)

Total 2.23, m.

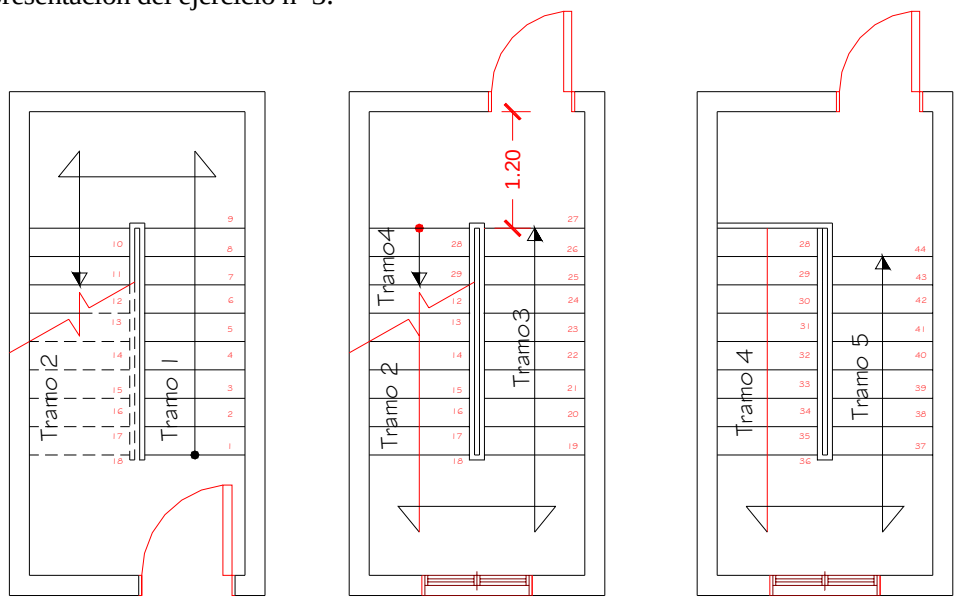
REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA ESCALERA

El proceso de representación es el mismo que para las plantas del edificio. Se considera un plano horizontal que secciona la escalera a una altura de aproximadamente 1,5 m. El resultado es la proyección ortogonal de la escalera.

El punto de corte se representa con una línea quebrada en el segundo tramo, y los escalones que continúan después de esta línea se representan en línea discontinua. Esto sucede en la representación de los dos primeros tramos, en la siguiente planta, tramos 3 y 4 se produce que al corta el tramo 4 y proyectar ortogonalmente, esta se coloca sobre el tramo paralelo, es decir el tramo 2. Por tanto se visualiza el resto de los escalones del tramo que quedan después de la línea de corte.

Para contar los escalones de cada tramo debemos tener en cuenta, las líneaS horizontales o verticales que representan las contrahuellas, no los espacios que quedan en medio.

Veamos la representación del ejercicio nº 3:



Por último, como no es posible determinar par la planta las altura y el cumplimiento de las normas de seguridad y comodidad, es necesario en cualquier caso la representación del alzado de la escalera, el proceso sería el siguiente.

1º Se parte de la cualquiera de las plantas que se coloca en la parte inferior del dibujo.

2º Se levantan línea perpendiculares a las paredes de la caja de escalera para delimitar la misma.

3º Se colocan las mesetas para ello se realiza un sencillo cálculo:

Se considera el punto de partida el punto de arranque como altura 0 (que no coincide necesariamente con la cota de la vivienda).
Se multiplica el nº de peldaños del 1º tramo por la contrahuella, en el ejercicio :

9 x 17,77 cm = 159.93 cm (no debe rendodearse).

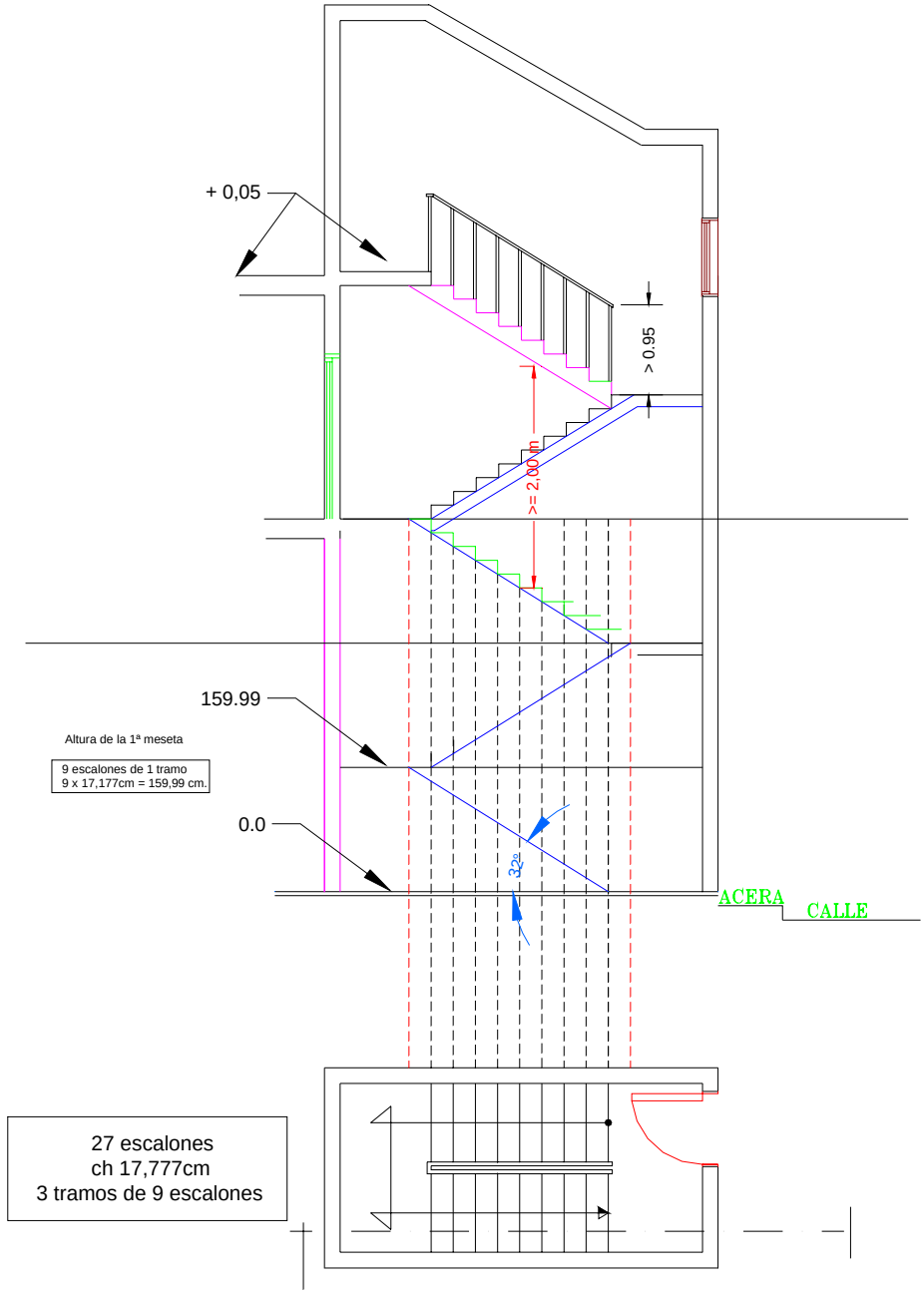
Por lo tanto la meseta 2 y el desembarco 3 equidistan la misma distancia.
La meseta del tamo 4 y 5 se procede de igual manera

9 x 17, 2 cm = 154,8 cm

4º Por cada contrahuella de la planta se elevan líneas paralelas, el espacio que queda entre ellas representa la huella.
5º Se añade a la derecha y a la izquierda una línea más a la misma distancia que las otras, debido a que como hemos dicho, en cada tramo nos falta una huella que coincide con la meseta.
6º Teniendo en cuneta la dirección de ascensión del tramo dibujamos una línea inclinada desde el 1º escalón (altura 0) hasta la última huella que corta la meseta. Esta es la zancada
De esta manera sencillamente cada punto de intersección entre la zancada y la línea de contrahuellas nos va delimitando el perfil de los escalones.

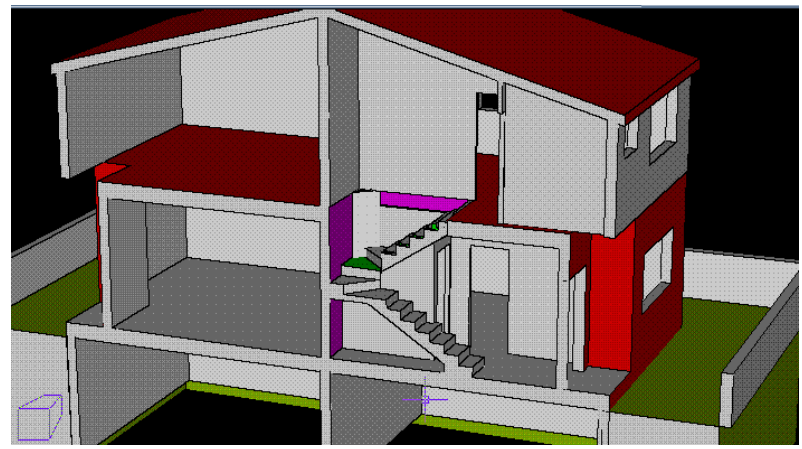
7º Una vez dibujados los peldaños se dibuja la losa de la escalera. Este viene determinado por el cálculo de la estructura

Por último debemos tener en cuenta a la hora de dibujar el perfil de la escalera que tramo queda cortado y cual no, para representar en primer término el que queda cortado y en segundo el que queda detrás.



Dibujo de la sección de una escalera

El efecto que se consigue es como si esta vez el plano seccionador atravesase la casa verticalmente



La información que debe contener este dibujo es:

- Cotas con las diferentes alturas colocada entre cada meseta.
- Cotas entre planos paralelos de tramos para comprobar la cabezada.
- Colocar la numeración de los escalones para comprobar su correlación con las plantas.
- Colocar balaustre o barandilla con pasamanos par comprobar la altura del mismo.

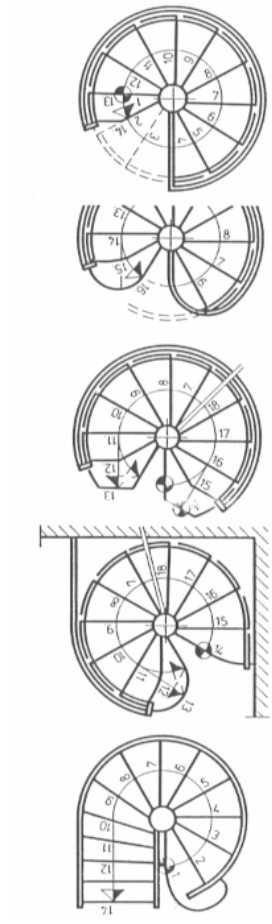
Las escaleras en las viviendas unifamiliares

En las viviendas unifamiliares donde el transito por la escalera es menor, y el espacio cuenta mucho, se permite el uso de recursos como pueden ser utilizar la meseta como zona de peldañeado de manera que se cambia de dirección al tiempo que se sube, o bien dividirla diagonalmente con otro peldaño. A esto se le conoce como *pañuelo*

El ancho mínimo es de 85 cm aunque se tiende a utilizar siempre que sea posible 1 m..

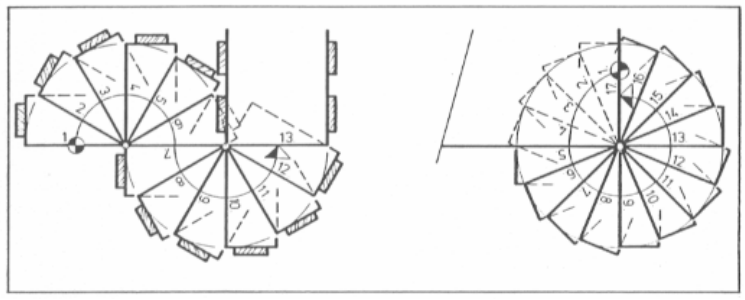
Escaleras de Caracol o de Hélice

Este tipo de escaleras tienen especial aplicación en lugares donde se dispone de poco espacio para desarrollar una escalera de tramos rectos. La Escaleras se desarrolla en espiral, haciendo girar los peldaños a medida que se asciende. Sin embargo hay que tener en cuenta que a cambio del ahorro de espacio se pierde en comodidad y seguridad. Estas desventajas pueden reducirse deformando progresivamente los peldaños, por métodos de compensación. En cambio, es decorativa y práctica.



La planta de este tipo de escaleras es circular, aunque también pueden ser elípticas. Según el tipo o envergadura pueden disponer de un hueco central u ojo o ser ocupado este por un elemento resistente donde se sujetan o empotran los peldaños, llamado *árbol* En este último caso, los peldaños son elementos individuales que se sujetan al árbol, careciendo de zancada. El diámetro del árbol suele oscilar entre 12 y 20 cm.

El diámetro mínimo de la planta para el trazado de la escalera es de *1,5* m. siendo la medida más común 1,50 m, 1,60 m y 1'90 m



La situación de la escalera en el lugar de ubicación, determina el arranque y sentido de la escalera. En este tipo de escalera ha de tenerse en cuentas que es más fácil subir que bajar y por este motivo es preferible subir en sentido horario. Además dado que suele pisarse el peldaño por la parte más ancha del mismo, ha de fijarse por este lado el pasamanos

Relación entre la huella y la contrahuella.

La relación comentada que debe existir entre la huella y la contrahuella no puede aplicarse a las escaleras de caracol, dado que es forzoso adaptarse al espacio disponible.

En estos casos la altura de la *contrahuella* no debe ser mayor de ***18 cm***. Ni menor de ***11 cm***.

La huella en su dimensión menor (la que está pegada al árbol)no deberá ser inferior a ***15 cm.***

La longitud del peldaño no puede ser inferior a ***50 cm.***

Es necesario tener muy en cuenta la altura del paso en estas escaleras (*cabezada*), de modo que la persona que la utilice no tenga que subir encorvado. Teniendo presente que la estatura media humana oscila entre 1,70 m y 1,80 m., la altura del paso no debe ser inferior a **2 m,** medido desde un peldaño a su paralelo superior.

Proceso para calcular una escalera de caracol

Lo habitual al diseñar este tipo de escaleras es dividir el circulo de la planta en 11 o 12 partes o peldaño. Esto produce huellas con un ángulo entre 18º y 32º , además cuando ha dado una vuelta completa la altura de paso entre el escalón nº 1 y el 13 suele ser la correcta.

El proceso del cálculo es similar al de las escaleras rectas, es necesario determinar 1º el nº de peldaños y a

continuación el inicio o arranque y el desembarco.
El arranque merece especial atención. Debido a que se baja dando vueltas produce una acentuada sensación de vértigo, por esta razón el arranque se suele ensanchar, ello induce a la perdona que la utiliza a tener una mayor estabilidad.

En cuanto al desembarco, es necesario ser muy precisos para orientar correctamente la escalera. Normalmente el último peldaño se le suele dar el mismo tratamiento que al primero, es decir, terminar en un peldaño más ancho que los demás, e incluso en pequeñas plataformas de llegada. No obstante, también es posible desembarcar directamente en el piso de la planta a la que accedemos, de manera que el último peldaño quede a una contrahuella más baja, ahorrando un escalón.

Ejemplo 1

Altura entre pisos 3,04 (Altura total)

Teniendo espacio para desarrollar la escalera de1, 60 m.

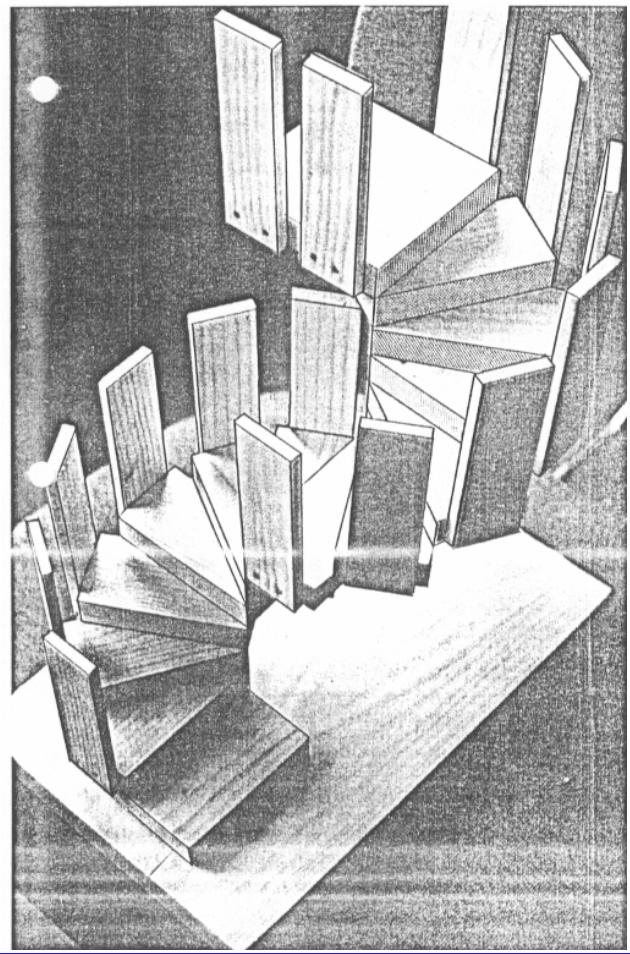
1º Determinamos el número de peldaños dividiendo la altura total entre la contrahuella tipo:

3,04 : 18 = 17 peldaños.

2º A continuación comprobamos la cabezada o altura del paso, multiplicando el nº de peldaños que entra en una vuelta completa por ejemplo 12 por la contrahuella:

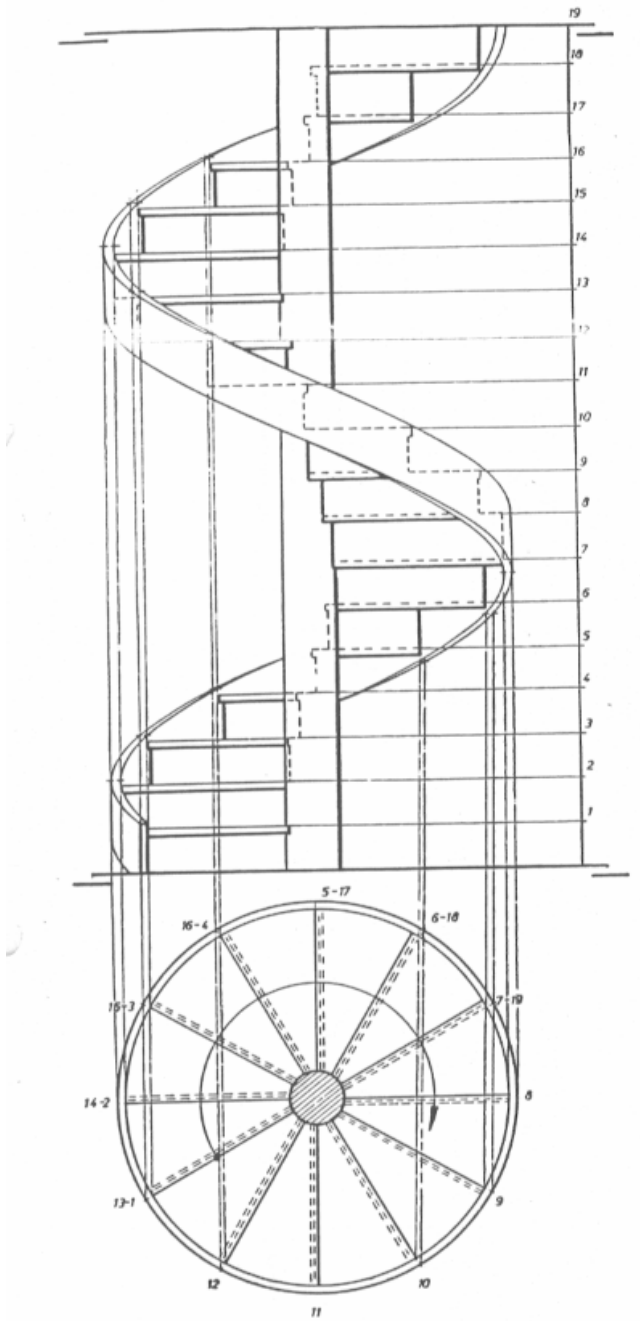
18 cm x 12 peldaños = 216 cm.

La escalera del ejemplo es bastante empinada. En el supuesto de que sea necesario para logra una mayor comodidad reducir el alto de la contrahuella deberemos aumentar en la planta el nº de peldaños.



Representación del Alzado

En las escaleras de caracol para comprobar su desarrollo y cumplimientos de las alturas en lugar de una sección se suele dibujar una alzado. El procedimiento es similar al de las escaleras recta. Aunque esta ocasión debemos trazar líneas perpendiculares a la planta al comienzo y al fina de cada escalón, teniendo en cuenta que el árbol obstruye la visión de partes de los peldaños.



ESCALERAS MIXTAS

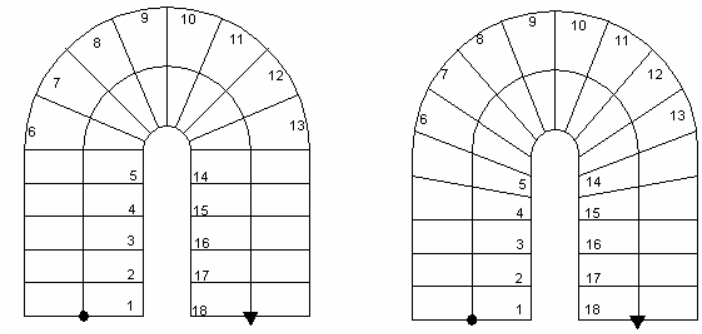
Son aquellas que están compuestas de tramos rectos y curvos. Tienen el inconveniente de que los escalones de la parte curva pueden seguir la dirección de los radios, porque el tránsito de los pasos rectos a los curvos es demasiado brusco y se estrechan.

Por ello se hace necesario buscar un método por los que eta transición sea progresiva y más lenta. La relación entre la huella y la contrahuella debe permanecer invariable incluso en los giros.

El sistema empleado para ello es e compensación. No obstante, este tipo de escaleras no debe utilizarse en el exterior y debe tenerse en cuenta que la compensación debe afectar al menor número de peldaños posibles.

MÉTODOS DE COMPESACIÓN.

Existe gran cantidad de métodos de compensación de escaleras, y fórmulas matemáticas, incluso programas informáticas que calculan la compensación. Aunque todos los procedimientos pueden tener algún que otro inconveniente, vamos a explicar tres de ellos:



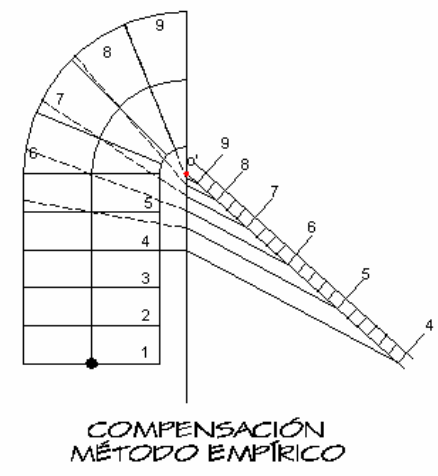
1. MÉTODO EMPÍRICO

Es quizás el método más sencillo de todos los que hay. Consiste en la división proporcional de una recta y además, podemos en pesar la compensación en cualquier escalón.

Dibujamos la planta la línea de huellas (50-51 cm del pasamanos). Sobre esta señalamos con un punto la intersección con cada peldaño (intersección entre la línea que indica la contrahuella y la línea de huellas).

A partir del centro del arco que dibuja el lado curvo de la escalera (***o'*** en el dibujo), dibujamos una línea con cualquier inclinación.

Sobre ella y a partir de ***o'*** se traza una división de cualquier magnitud (debe de ser lo más exacta posible para evitar errores). Esta primera magnitud es el primer escalón.



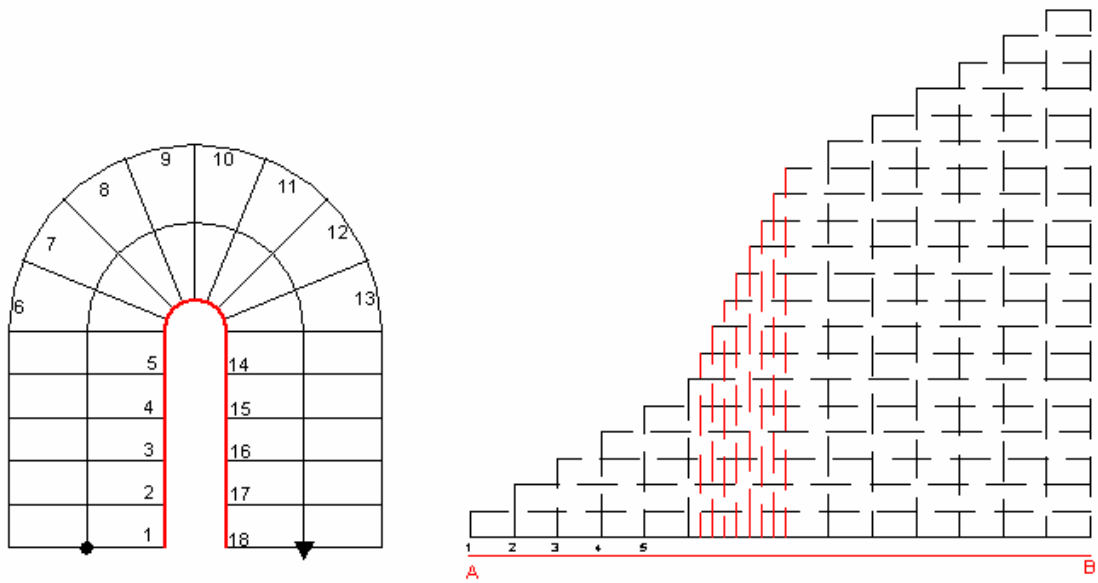
A continuación para el 2º escalón se traza dos unidades de la misma longitud que utilizamos para el primero. Para el escalón 3 utilizamos 3 unidades, y así sucesivamente hasta el total de escalones que deseamos compensar (En el dibujo hasta el escalón nº 4).
El primer escalón que se compensar suele ser el más próximo al centro del arco ***o'*** en el dibujo el escalón nº 9.
A partir de o' trazamos una línea recta paralela al tramo recto. Prolongamos la línea de contrahuella del peldaño 4 hasta la línea que acabamos de dibujar.
A continuación se une el punto de intersección de esta prolongación con la última división que hicimos en la línea inclinada.
Sólo queda trazar paralela por cada división a esta línea. A continuación se unen las marcas de estas línea paralelas modificando la posición de la contrahuella.

Hay que mencionar que este método se aplica sólo a la mitad de la escalera porque el resto es simétrico.

2. Método de la línea interna

Este procedimiento es un poco más complejo que el anterior pero por el contrario más exacto.

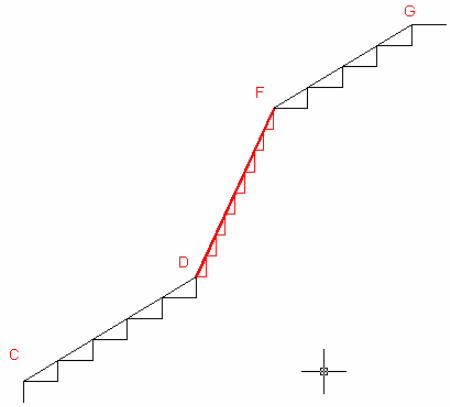
En primer lugar trasladamos la medida interna de cada huella (la más próxima a la barandilla) sobre una línea **A-B**.
Se levanta con la magnitud real de cada huella, un perfil de la escalera. Se une con una recta los escalones de cada

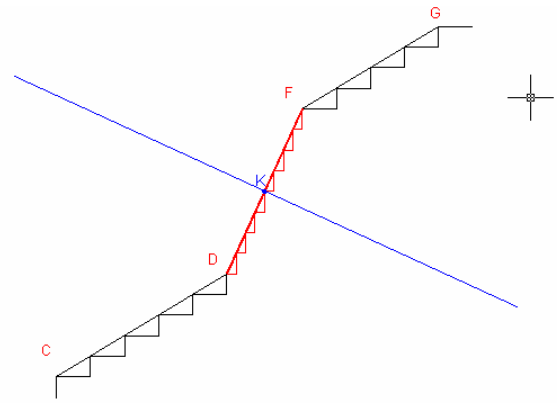


tramo y se comprueba gráficamente que los escalones de la parte curva tienen una pendiente demasiado

pronunciada. A esto segmentos los denominaremos **C-D, D-F** y **F-G**.

Por el punto medio de la línea de máxima pendiente (**D-F**), se traza una línea perpendicular que se prolonga por arriba y por abajo. A este punto medio lo vamos a llamar **K.**





Tomamos la distancia que existe entre el punto **K** y los vértices del segmento (**D-F**). A partir de los vértices de este segmento trasladamos la distancia tomada sobre las otras rectas desde sobre la recta **C-D** y desde **F** sobre la recta **F-G.**
Des esta manera obtenemos dos nuevos puntos que denominaremos **I** y **J**.
A partir de estos puntos y direcciones contrarias, según la inclinación de la recta que los contiene, se traza dos rectas perpendiculares, una por **I** y otra por **J**. Estas se prolonga hasta que corte con la recta que trazamos por K.
Estos puntos de corte (**X** y **Z**) son los centros de los arcos cuyo radio será igual a la distancia hasta **I** y **J**.
El proceso siguiente consiste en prolongar o bien retroceder los escalones, comprendidos entre **I** y **J** hasta estos arcos dibujados

Con este procedimiento conseguiremos una nueva dimensión de las huellas, que trasladamos a la recta **A-B**, obteniendo la distancia 1' para el peldaño 1, 2' para el 2, etc. E invertiremos el proceso llevando esas nuevas magnitudes al borde interno de la escalera. Solo resta unir el borde externo con el interno y obturemos los escalones compensados.